

nerac.com
PEOPLE POWERED SEARCHING

my account learning center patent cart document ca

home

searching ▾

patents ▾

documents ▾

toc journal watch ▾

Format Examples

US Patent

US6024053 or 6024053

US Design Patent

D0318249

US Plant Patents

PP8901

US Reissue

RE35312

US SIR

H1523

US Patent Applications

20020012233

World Patents

WO04001234 or WO2004012345

European

EP1067252

Great Britain

GB2018332

German

DE29980239

Nerac Document Number (NDN)

certain NDN numbers can be used for patents

[view examples](#)


6.0 recommended
Win98SE/2000/XP

Patent Ordering

[help](#)

Enter Patent Type and Number: optional reference note

GO

☐ Add patent to cart automatically. If you uncheck this box then you must *click on* Publication number and view abstract to Add to Cart.

0 Patent(s) in Cart

Patent Abstract

[Add to cart](#)

GER 2003-03-06 10138757 **Magnetoresistive foil arrangement has reference magnetization direction always at defined angle to current direction**
ANNOTATED TITLE- Magnetoresistive Schichtanordnung

INVENTOR- HERRMANN INGO DE

APPLICANT- BOSCH GMBH ROBERT DE

PATENT NUMBER- 10138757/DE-A1

PATENT APPLICATION NUMBER- 10138757

DATE FILED- 2001-08-07

DOCUMENT TYPE- A1, DOCUMENT LAID OPEN (FIRST PUBLICATION)

PUBLICATION DATE- 2003-03-06

INTERNATIONAL PATENT CLASS- H01L04308

PATENT APPLICATION PRIORITY- 10138757, A

PRIORITY COUNTRY CODE- DE, Germany, Ged. Rep. of

PRIORITY DATE- 2001-08-07

FILING LANGUAGE- German

LANGUAGE- German NDN- 203-0513-0774-2

The layer arrangement (5) has a reference layer (6) deposited on a substrate. This has a magnetization (m2) not affected by the direction of an external field (B). On top of this is a non-magnetic conductive layer (4) topped by a detector layer (2). The latter has a magnetization (m1) always in parallel to the external field. In plan view the layer arrangement forms a meander.

EXEMPLARY CLAIMS- 1. Magnetoresistive sandwich, in particular for use in a GMR Sensorelement, with a reference

BEST AVAILABLE COPY

layer (6), one to the reference layer (6) neighbouring, intermediate layer (4) and one to the intermediate layer (4), prominent with enterprise an electric current (I), neighbouring detection layer (2), whereby the detection layer (2) at least locally a first magnetization (m1) with an assigned first direction of magnetization exhibits, and whereby the reference layer (6) exhibits at least locally a second magnetization (m2) with an assigned second direction of magnetization, which by a direction one toward the sandwich (5) of influencing magnetic field (B) at least to a large extent uninfluenced, in the fact characterized that the second direction of magnetization at least bereichsweise with the direction of the electric current (I) an angle from 75° to 105° forms. 2. Magnetoresistive sandwich according to requirement 1, by the fact characterized that the second direction of magnetization runs at least bereichsweise at least approach perpendicularly to the direction of the electric current (I). 3. Magnetoresistive sandwich according to requirement 1 or 2, by the fact characterized that at least a range of the sandwich (5) is streifenförmig trained in plan view, whereby the electric current (5) runs parallel to the strip. 4. Magnetoresistive sandwich after one of the preceding requirements, by the fact characterized that the second direction of magnetization runs parallel to the level of the reference layer (6). 5. Magnetoresistive sandwich after one of the preceding requirements, by the fact characterized that the entire sandwich (5) is detachable trained in plan view streifenförmig or meanderförmig or into a number of streifenförmiger ranges. 6. Magnetoresistive sandwich after one of the preceding requirements, by the fact characterized that the second direction of magnetization forms over the entire or at least almost over the entire sandwich (5) with the

NO-DESCRIPTORS

Nerac, Inc. One Technology Drive . Tolland, CT
Phone (860) 872-7000 Fax (860) 875-1749

©1995-2003 All Rights Reserved . [Privacy Statement](#) . [Report a Problem](#)



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 101 38 757 A 1

51 Int. Cl.⁷:
H 01 L 43/08

21 Aktenzeichen: 101 38 757.1
22 Anmeldetag: 7. 8. 2001
43 Offenlegungstag: 6. 3. 2003

DE 101 38 757 A 1

71 Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

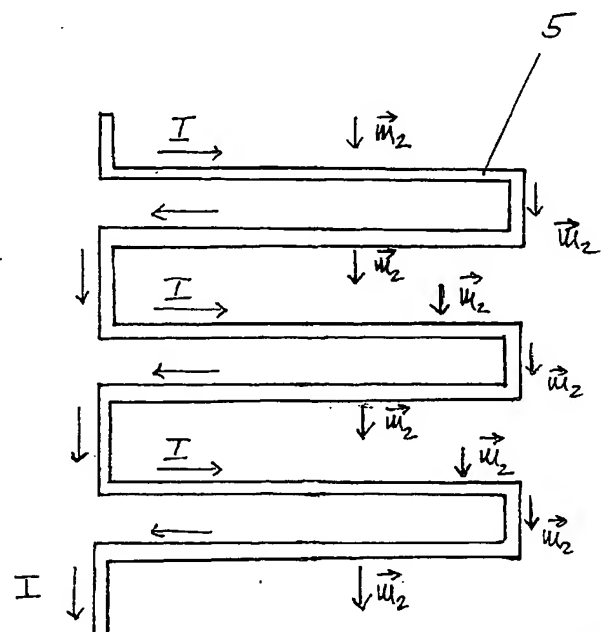
72 Erfinder:
Herrmann, Ingo, 70771 Leinfelden-Echterdingen, DE; Johnson, Andrew, 81245 München, DE; Rabe, Maik, 70825 Korntal-Münchingen, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Magneto-resistive Schichtanordnung

57 Es wird eine magneto-resistive Schichtanordnung (5), insbesondere zur Verwendung in einem GMR-Sensorelement nach dem Spin-Valve-Prinzip, mit einer Referenzschicht (6), einer zu der Referenzschicht (6) benachbarten, bei Betrieb einen elektrischen Strom (I) führenden Zwischenschicht (4) und einer zu der Zwischenschicht (4) benachbarten Detektionsschicht (2) vorgeschlagen. Dabei weist die Detektionsschicht (2) zumindest lokal eine erste Magnetisierung (m_1) mit einer zugeordneten ersten Magnetisierungsrichtung und die Referenzschicht (6) zumindest lokal eine zweite Magnetisierung (m_2) mit einer zugeordneten zweiten Magnetisierungsrichtung auf, die von einer Richtung eines auf die Schichtanordnung (5) einwirkenden Magnetfeldes (B) zumindest weitgehend unbeeinflusst ist. Weiter ist vorgesehen, dass die zweite Magnetisierungsrichtung zumindest bereichsweise mit der Richtung des elektrischen Stromes (I) einen Winkel von 75° bis 105°, insbesondere 90°, bildet. Bevorzugt ist die gesamte Schichtanordnung (5) in Draufsicht streifenförmig oder mäanderförmig oder in eine Anzahl streifenförmiger Bereiche zerlegbar ausgebildet.



DE 101 38 757 A 1



[0001] Die Erfindung betrifft eine magnetoresistive Schichtanordnung, insbesondere zur Verwendung in einem GMR-Sensorelement, nach der Gattung des Hauptanspruchs.

Stand der Technik

[0002] Nach dem Spin-Valve-Prinzip arbeitende magnetoresistive Schichtsysteme auf Basis des GMR-Effektes ("Giant Magneto Resistance") sind vielfach bekannt, und werden beispielsweise in DE 199 49 714 A1, insbesondere unter dem Aspekt der Verwendung als Winkelsensor, erläutert. Prinzipiell ist bei derartigen Schichtanordnungen eine weichmagnetische bzw. ferromagnetische Detektionsschicht, eine dieser benachbarte, unmagnetische, elektrisch leitfähige Zwischenschicht und eine der Zwischenschicht benachbarte, möglichst hartmagnetische Referenzschicht mit vorgegebener räumlicher Orientierung der Richtung der resultierenden Magnetisierung in der Referenzschicht vorgesehen. Bei geeigneter Auslegung der Dicke der einzelnen Schichten zeigt ein derartiges Schichtsystem dann eine Änderung des elektrischen Widerstandes R der Zwischenschicht gemäß:

$$R = R_0 + \frac{\Delta R_{GMR}}{2} + \frac{\Delta R_{GMR}}{2} \cdot \cos(\theta)$$

[0003] Dabei bezeichnet θ den Winkel zwischen der Richtung der Magnetisierung der Detektionsschicht m_1 und der Richtung der Magnetisierung der Referenzschicht m_2 , R_0 einen minimalen Widerstandswert und ΔR_{GMR} die durch den GMR-Effekt hervorgerufene maximale Widerstandsänderung. Da die Richtung der Magnetisierung m_1 in der weichmagnetischen Detektionsschicht durch ein beispielsweise von außen anliegendes Magnetfeld B veränderbar ist und sich möglichst parallel zu diesem ausrichtet, während die Richtung der Magnetisierung m_2 in der Referenzschicht von der Richtung dieses einwirkenden Magnetfeldes innerhalb gewisser Grenzen zumindest weitgehend unbeeinflusst ist, d. h. die Richtung der Magnetisierung m_2 ändert sich nicht als Funktion des äußeren Magnetfeldes ("Pinning-Schicht"), tritt in der Zwischenschicht eine durch die erläuterte Formel charakterisierte Änderung des elektrischen Widerstandes auf, die typischerweise im Bereich von 5% bis 15% liegt.

[0004] Bei magnetoresistiven Schichtanordnungen nach dem Spin-Valve-Prinzip ist weiter bekannt, die hartmagnetische Referenzschicht aus zwei benachbarten, übereinander angeordneten Teilschichten auszuführen, wobei eine unmittelbar an die Zwischenschicht angrenzende, relativ weichmagnetische, ferromagnetische Schicht mit der Magnetisierung m_2 und eine darunterliegende, antiferromagnetische Schicht ist, welche die räumliche Orientierung der Magnetisierung m_2 in der weichmagnetischen, ferromagnetischen Schicht über den sogenannten "Exchange-Bias-Effekt" festlegt. Da die antiferromagnetische Schicht nach ihrer Erzeugung durch ein externes Magnetfeld in ihren magnetischen Eigenschaften nicht mehr verändert werden kann, muss eine gewünschte Ausrichtung bzw. unidirektionale Anisotropie der Magnetisierung m_2 in der Referenzschicht bereits während der Deposition der antiferromagnetischen Schicht, beispielsweise durch Anlegen eines externen Magnetfeldes, induziert werden.

[0005] Alternativ dazu ist in der unveröffentlichten Anmeldung DE 101 17 355.5 eine Möglichkeit vorgestellt worden, die Richtung der Magnetisierung m_2 in der Referenzschicht auch nach deren Abscheidung definiert lokal einzustellen, und nach dieser Einstellung dann unabhängig von der Richtung eines auftretenden externen Magnetfeldes festzuhalten. Dazu wird dort die antiferromagnetische Teilschicht über eine Schwellentemperatur, beispielsweise mit Hilfe eines Lasers, lokal aufgeheizt, so dass der Exchange-Bias-Effekt verschwindet, danach die darüber befindliche ferromagnetische Teilschicht der Referenzschicht durch Erzeugen eines externen Magnetfeldes mit einer definierten Richtung der Magnetisierung m_2 versehen, und schließlich die antiferromagnetische Teilschicht der Referenzschicht wieder unter die Schwellentemperatur abgekühlt, so dass diese auch nach Ausschalten des externen Magnetfeldes die zuvor unter Einfluss dieses Magnetfeldes eingestellte Richtung der Magnetisierung m_2 stabilisiert bzw. festhält. In dieser Anmeldung ist auch beschrieben, wie eine 360°-Winkelmessung mit Hilfe mehrerer magnetoresistiver Schichtanordnungen erfolgen kann, die zu zwei Wheatstone-Brücken zusammengeschaltet sind.

[0006] In allen ferromagnetischen Schichten tritt neben dem erläuterten GMR-Effekt auch der sogenannte AMR-Effekt ("Anisotropic Magneto Resistance") auf, wenn ein elektrischer Strom durch diese fließt, wobei die Richtung des elektrischen Stromes die Achse des AMR-Effektes bestimmt. Dieser AMR-Effekt ruft eine Änderung des elektrischen Widerstandes in der magnetoresistiven Schichtanordnung von in der Regel 2% bis 3% hervor, und zeigt eine \cos^2 -abhängige oder uniaxiale Abhängigkeit der Änderung des Widerstandes von dem Winkel zwischen der Richtung der Magnetisierung in der betreffenden ferromagnetischen Schicht und der Richtung des elektrischen Stromes. Zusammen mit dem GMR-Effekt beträgt die kombinierte Widerstandsänderung in einem magnetoresistiven Schichtsystem nach dem Spin-Valve-Prinzip mit einem zusätzlichen AMR-Effekt somit:

$$R = R_0 + \frac{\Delta R_{GMR}}{2} + \frac{\Delta R_{GMR}}{2} \cdot \cos(\theta) + \Delta R_{AMR} \cos^2(\theta - \phi)$$

wobei ΔR_{AMR} die durch den AMR-Effekt hervorgerufene Widerstandsänderung, ϕ den Winkel zwischen der Richtung des elektrischen Stromes und der Richtung der Magnetisierung der Referenzschicht m_2 ("pinning-Richtung") und θ den Winkel zwischen der Richtung der Magnetisierung der Referenzschicht m_2 ("pinning-Richtung") und der Richtung des externen Magnetfeldes bezeichnet.

[0007] Zusätzlich kann in GMR-Sensorelementen nach dem Spin-Valve-Prinzip auch eine ferromagnetische Kopplung zwischen der Detektionsschicht und der Referenzschicht auftreten, die versucht, die Richtung der Magnetisierung in der Detektionsschicht parallel zu der Richtung der Magnetisierung in der Referenzschicht auszurichten. Auch dieser Effekt verursacht eine Abweichung von der idealen Cosinus-Abhängigkeit des elektrischen Widerstandes von dem Winkel zwi-



schen der Richtung der Magnetisierung m_1 und der Richtung der Magnetisierung m_2 .

[0008] Aufgabe der vorliegenden Erfindung war die Bereitstellung einer magnetoresistiven Schichtanordnung, die, abgesehen von einem Offset, eine möglichst gute cosinusförmige Abhängigkeit des elektrischen Widerstandes der Schichtanordnung von dem Winkel zwischen der Richtung der Magnetisierung in der Detektionsschicht und der Richtung der Magnetisierung in der Referenzschicht aufweist. Insbesondere war es Aufgabe, eine magnetoresistive Schichtanordnung bereitzustellen, die sich zum Einsatz in einem Winkelsensor mit möglichst kleinem Winkelfehler eignet.

Vorteile der Erfindung

[0009] Die erfindungsgemäße magnetoresistive Schichtanordnung hat gegenüber dem Stand der Technik den Vorteil, dass dadurch, dass die Richtung der Magnetisierung der Referenzschicht mit der Richtung des elektrischen Stromes in der Zwischenschicht in Draufsicht auf die Schichtanordnung zumindest bereichsweise einen definierten Winkel von 75° bis 105° bildet, eine weitgehend cosinusförmige Abhängigkeit der Änderung des elektrischen Widerstandes der Schichtanordnung als Funktion des Winkels zwischen der ersten Magnetisierungsrichtung und der zweiten Magnetisierungsrichtung auftritt. Insbesondere wird durch das erfindungsgemäße Design der Schichtanordnung und die Einstellung der Richtung der Magnetisierung der Referenzschicht relativ zu der vorgegebenen Richtung des elektrischen Stromes der Winkelfehler durch den AMR-Effekt und eine ferromagnetische Kopplung von Referenzschicht und Zwischenschicht erheblich verringert, so dass sich bei Einsatz der erfindungsgemäßen Schichtanordnung in einem Winkelsensor ein entsprechend deutlich verringerter Winkelfehler einstellt.

[0010] Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den in den Unteransprüchen genannten Maßnahmen.

[0011] So ist besonders vorteilhaft, wenn die Richtung der Magnetisierung der Referenzschicht über möglichst weite Strecken, insbesondere stets oder bis auf insgesamt vernachlässigbare Bereiche der Schichtanordnung, zumindest näherungsweise senkrecht oder bevorzugt senkrecht zu der Richtung des elektrischen Stromes in der Zwischenschicht orientiert ist.

[0012] Weiter wird dann eine besonders gute cosinusförmige Abhängigkeit der Änderung des elektrischen Widerstandes der Schichtanordnung von dem erläuterten Winkel erreicht, wenn zumindest ein Bereich, vorzugsweise möglichst viele Bereiche, der Schichtanordnung in Draufsicht streifenförmig ausgebildet sind, wobei der elektrische Strom parallel zu den Streifen verläuft, und wobei die Richtung der Magnetisierung der Referenzschicht senkrecht zu der Richtung dieser Streifen orientiert ist. Weiter sollte dabei die Richtung der Magnetisierung der Referenzschicht parallel zu der Ebene der Referenzschicht verlaufen.

[0013] Besonders vorteilhaft ist, wenn die gesamte Schichtanordnung in Draufsicht streifenförmig oder mäanderförmig oder zumindest in eine Anzahl streifenförmiger Bereiche zerlegbar ausgebildet ist, wobei bevorzugt für jeden dieser Streifen bzw. Teilstreifen oder zumindest für die in Draufsicht weitaus überwiegende, von den Streifen oder Teilstreifen eingenommene Fläche oder Länge das genannte Kriterium erfüllt sein sollte, dass die Richtung der Magnetisierung der Referenzschicht senkrecht zu der Richtung des elektrischen Stromes in dem jeweiligen Teilstreifen orientiert ist.

[0014] Ein Winkel von 90° zwischen der Richtung des elektrischen Stromes und der Richtung der Magnetisierung der Referenzschicht führt zu einer optimalen Cosinus-Abhängigkeit der Änderung des elektrischen Widerstandes und wirkt insbesondere auch der ferromagnetischen Kopplung zwischen der Detektionsschicht und der Referenzschicht besonders effektiv entgegen.

Zeichnungen

[0015] Die Erfindung wird anhand der Zeichnungen und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigt Fig. 1 eine perspektivische Prinzipskizze eines Ausschnittes einer magnetoresistiven Schichtanordnung, Fig. 2 eine Draufsicht auf eine mäanderförmig ausgebildete Schichtanordnung gemäß Fig. 1, Fig. 3 die Änderung des elektrischen Widerstandes der Schichtanordnung gemäß Fig. 2 als Funktion des Winkels zwischen den Magnetisierungen m_1 und m_2 , wobei für die in Draufsicht hinsichtlich der hänge weitaus überwiegenden Teilstreifen die Richtung der Magnetisierung der Referenzschicht m_2 senkrecht zu der Richtung des elektrischen Stromes I eingestellt ist, und Fig. 4 eine zu Fig. 3 entsprechende Messung, wobei, abweichend von Fig. 2, die Richtung der Magnetisierung der Referenzschicht m_2 für die in Draufsicht hinsichtlich der hänge weitaus überwiegenden Teilstreifen parallel zu der Richtung des elektrischen Stromes I eingestellt worden ist.

Ausführungsbeispiele

[0016] Die Erfindung geht gemäß Fig. 1 zunächst von einer magnetoresistiven Schichtanordnung 5 aus, die auf einem Substrat eine Referenzschicht 6 mit einer zugeordneten zweiten Magnetisierung m_2 mit der eingezeichneten Richtung der Magnetisierung aufweist. Über der Referenzschicht 6 befindet sich eine nichtmagnetische, elektrisch leitende Zwischenschicht 4, in der bei Betrieb der magnetoresistiven Schichtanordnung 5 ein elektrischer Strom I definierter Richtung geführt ist. Auf dieser ist dann eine Detektionsschicht 2 vorgesehen, die eine erste Magnetisierung m_1 aufweist.

[0017] Die Richtung der Magnetisierung m_2 ist in bekannter Weise "gepinnt", d. h. sie ist innerhalb gewisser Grenzen unabhängig von einer Richtung eines auf die Schichtanordnung 5 einwirkenden äußeren Magnetfeldes B , während sich die Richtung der Magnetisierung m_1 stets möglichst parallel zu der Richtung eines solchen äußeren Magnetfeldes B orientiert.

[0018] Die magnetoresistive Schichtanordnung 5 ist im Übrigen hinsichtlich weiterer Details zu Aufbau und Funktion in DE 199 49 714 A1 beschrieben. Insbesondere handelt es sich dabei um ein GMR-Sensorelement nach dem Spin-Valve-Prinzip, wobei die Referenzschicht 6 zumindest lokal bzw. innerhalb einer Teilschicht der Referenzschicht 6 die resultierende Magnetisierung m_2 mit vorgegebener, fester bzw. "gepinnter" Magnetisierungsrichtung aufweist.



[0019] Weiter wurde die der Abscheidung bzw. Deposition der Referenzschicht 6 durch Anlegen eines äußeren Magnetfeldes in bekannter Weise zunächst eine homogene Ausrichtung des resultierenden magnetischen Momentes bzw. der Magnetisierung m_2 in einer ferromagnetischen Teilschicht der Referenzschicht 6 eingestellt, so dass eine unidirektionale Anisotropie bzw. "Pinning"-Richtung in der Referenzschicht 6 entstand, die durch eine der ferromagnetischen Teilschicht der Referenzschicht 6 benachbarten antiferromagnetischen Teilschicht der Referenzschicht 6 über den sogenannten "Exchange-Bias-Effekt" im Weiteren stabilisiert wird.

[0020] Die Fig. 2 zeigt eine Draufsicht auf die magnetoresistive Schichtanordnung 5, die abgesehen von dem nicht dargestellten Substrat und optional vorgesehenen Bufferschichten bzw. einer auf der Detektionsschicht 2 befindlichen Deckschicht entsprechend Fig. 1 aufgebaut ist.

[0021] Man erkennt, dass die magnetoresistive Schichtanordnung 5 in Draufsicht aus zusammenhängenden Streifen bzw. Teilstreifen besteht und in Form eines Mäanders ausgebildet ist, wobei der elektrische Strom I in der Zwischenschicht 4 parallel zu diesen Streifen verläuft. Weiter ist gemäß Fig. 2 vorgesehen, dass die Richtung der Magnetisierung m_2 in den langen Teilstreifen der mäanderförmig ausgebildeten Schichtanordnung 5 senkrecht zu der Richtung des elektrischen Stromes I orientiert ist, während sie in den seitlichen, kurzen Teilstreifen parallel zu dieser verläuft. Insgesamt wird damit erreicht, dass die Richtung der Magnetisierung m_2 bis auf bezogen auf die Gesamtlänge der Streifen oder die Gesamtfläche der Schichtanordnung 5 vernachlässigbare Bereiche zumindest näherungsweise senkrecht oder bevorzugt senkrecht zu der Richtung des elektrischen Stromes in der Zwischenschicht orientiert ist.

[0022] Eine besonders bevorzugte, in Fig. 2 nicht dargestellte Ausführungsform sieht vor, dass die Richtung der Magnetisierung m_2 stets, d. h. auch im Bereich der kurzen Teilstreifen, zumindest näherungsweise senkrecht oder bevorzugt senkrecht zu der Richtung des elektrischen Stromes in der Zwischenschicht orientiert ist, was jedoch ein deutlich aufwändigeres Herstellungsverfahren impliziert.

[0023] Abweichend von der erläuterten senkrechten Ausrichtung der Richtung der Magnetisierung m_2 relativ zu dem elektrischen Strom I können zudem auch Winkel von 75° bis 105° eingestellt werden, besonders bevorzugt ist jedoch die senkrechte Ausrichtung, d. h. der Winkel 90° .

[0024] Im Übrigen sei noch erwähnt, dass die magnetoresistive Schichtanordnung 5 gemäß Fig. 2 in der in DE 101 17 355.5 beschriebenen Weise mit weiteren Schichtanordnungen 5 nach Art einer Wheatstone-Brücke zu einem Winkelsensor verschaltbar ist, der eine 360° -Winkelmessung, beispielsweise mit Hilfe zweier derartiger, geeignet zueinander orientierter Wheatstone-Brücken, ermöglicht.

[0025] Die Fig. 3 zeigt die an der magnetoresistiven Schichtanordnung 5 gemäß Fig. 2 aufgenommene Änderung des elektrischen Widerstandes bezogen auf den minimalen elektrischen Widerstand der Schichtanordnung 5 in Prozent als Funktion des Winkels zwischen der Richtung der Magnetisierung m_1 und der Richtung der Magnetisierung m_2 . Dabei charakterisiert ein Winkel von 0° eine parallele Ausrichtung der Magnetisierungen m_1 und m_2 .

[0026] Man erkennt zunächst, dass die Messkurve 11 von der Theoriekurve 12, nämlich einer idealen Cosinus-Funktion, nur minimal abweicht. Dazu ist in Fig. 3 auch die Differenz von Messkurve 11 und Theoriekurve 12 dargestellt, wobei für diese Differenzkurve 10 die rechte y-Achse heranzuziehen ist. Die Differenz zwischen Messkurve 11 und Theoriekurve 12 liegt bei maximal $0,01\%$, d. h. bei einer theoretisch erwarteten Widerstandsänderung von 4% bei ca. 120° bzw. ca. 240° beobachtet man eine Widerstandsänderung von geringfügig mehr, nämlich $4,01\%$.

[0027] Die Fig. 4 erläutert zum Vergleich eine zu Fig. 3 entsprechende Winkelmesskurve, wobei jedoch die Richtung der Magnetisierung m_2 , abweichend von Fig. 2, im Bereich der langen Teilstreifen parallel und im Bereich der kurzen Teilstreifen senkrecht zu der Richtung des elektrischen Stromes I orientiert ist. Der Messung gemäß Fig. 4 liegt somit eine Schichtanordnung zugrunde, bei der die Richtung der Magnetisierung m_2 gegenüber Fig. 2 insgesamt um 90° gedreht ist.

[0028] In diesem Fall erkennt man, dass die Messkurve 11 erheblich von der Theoriekurve 12, nämlich der idealen Cosinus-Funktion, abweicht, wodurch sich eine Differenz von Messkurve 11 und Theoriekurve 12 als Funktion des Winkels ergibt, die besonders im Winkelbereich um 90° bzw. um 270° deutlich ausgeprägt ist, und dort Werte von nahezu 1% erreicht.

[0029] Insbesondere im Winkelbereich um 90° bzw. um 270° wird an Stelle der theoretisch erwarteten bzw. gewünschten Änderung des elektrischen Widerstandes bezogen auf den minimalen elektrischen Widerstand von ca. 2% eine Widerstandsänderung von ca. 3% beobachtet, die sich vor allem in einer Verschmälerung der Messkurve 11 durch AMR-Effekt bzw. die auftretende ferromagnetische Kopplung äußert. Eine solche Abweichung führt bei Verwendung der entsprechenden Schichtanordnung in einem Winkelsensor zu Winkelfehlern von mehr als 1° , was beispielsweise beim Einsatz in Kraftfahrzeugen, nicht tolerierbar.

[0030] Die Abweichung der Messkurve 11 von der Theoriekurve 12 kann, wie im Vergleich zu Fig. 3 sofort deutlich wird, durch die gemäß Fig. 2 weitaus überwiegend gewählte Orientierung der Richtung der Magnetisierung m_2 senkrecht zu der Richtung des elektrischen Stromes I drastisch vermindert werden.

Patentsprüche

1. Magnetoresistive Schichtanordnung, insbesondere zur Verwendung in einem GMR-Sensorelement, mit einer Referenzschicht (6), einer zu der Referenzschicht (6) benachbarten, bei Betrieb einen elektrischen Strom (I) führenden Zwischenschicht (4) und einer zu der Zwischenschicht (4) benachbarten Detektionsschicht (2), wobei die Detektionsschicht (2) zumindest lokal eine erste Magnetisierung (m_1) mit einer zugeordneten ersten Magnetisierungsrichtung aufweist, und wobei die Referenzschicht (6) zumindest lokal eine zweite Magnetisierung (m_2) mit einer zugeordneten zweiten Magnetisierungsrichtung aufweist, die von einer Richtung eines auf die Schichtanordnung (5) einwirkenden Magnetfeldes (B) zumindest weitgehend unbeeinflusst ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zweite Magnetisierungsrichtung zumindest bereichsweise mit der Richtung des elektrischen Stromes (I) einen Winkel von 75° bis 105° bildet.

2. Magnetoresistive Schichtanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Magnetisie-



rungsrichtung zumindest bereichsweise zumindest näherungsweise senkrecht zu der Richtung des elektrischen Stromes (I) verläuft.

3. Magnetoresistive Schichtanordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Bereich der Schichtanordnung (5) in Draufsicht streifenförmig ausgebildet ist, wobei der elektrische Strom (5) parallel zu dem Streifen verläuft.

4. Magnetoresistive Schichtanordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Magnetisierungsrichtung parallel zu der Ebene der Referenzschicht (6) verläuft.

5. Magnetoresistive Schichtanordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die gesamte Schichtanordnung (5) in Draufsicht streifenförmig oder mäanderförmig oder in eine Anzahl streifenförmiger Bereiche zerlegbar ausgebildet ist.

6. Magnetoresistive Schichtanordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Magnetisierungsrichtung über die gesamte oder zumindest nahezu über die gesamte Schichtanordnung (5) mit der Richtung des elektrischen Stromes (I) einen Winkel von 75° bis 105° , insbesondere 90° , bildet.

7. Magnetoresistive Schichtanordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Referenzschicht (6) eine hartmagnetische Schicht, die Detektionsschicht (2) eine weichmagnetische Schicht mit einer sich zumindest näherungsweise parallel zu der Richtung des einwirkenden Magnetfeldes (B) einstellenden Richtung der ersten Magnetisierung (m_1) und die Zwischenschicht (4) eine nichtmagnetische Schicht ist.

8. Magnetoresistive Schichtanordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der elektrische Widerstand der Schichtanordnung (5) von dem Winkel zwischen der ersten Magnetisierungsrichtung und der zweiten Magnetisierungsrichtung abhängig ist.

9. Magnetoresistive Schichtanordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der elektrische Widerstand der Schichtanordnung (5), abgesehen von einem Offset, eine cosinusförmige Abhängigkeit von dem Winkel zwischen der ersten Magnetisierungsrichtung und der zweiten Magnetisierungsrichtung aufweist.

10. Verwendung der magnetoresistiven Schichtanordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche in einem GMR-Sensorelement nach dem Spin-Valve-Prinzip, das insbesondere eine Mehrzahl derartiger Schichtanordnungen aufweist, die nach Art einer Wheatstone-Brücke miteinander verschaltet sind.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen



- Leerseite -

Fig. 1

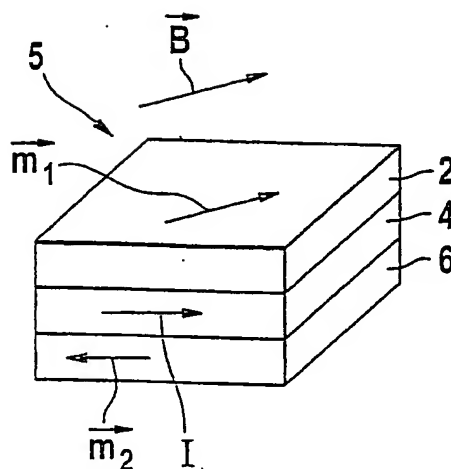
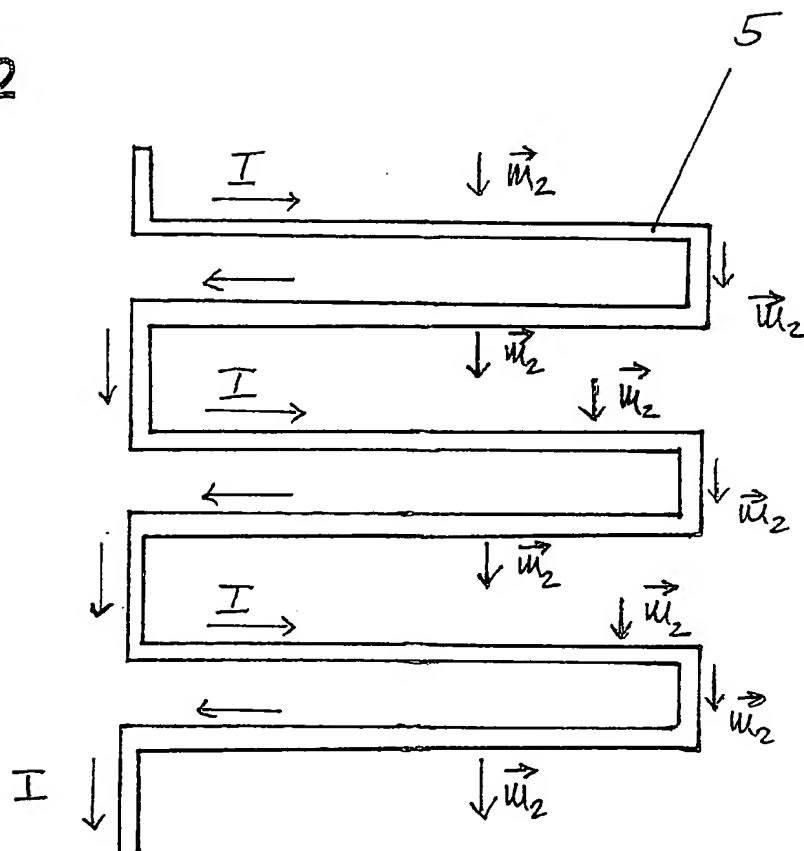


Fig. 2



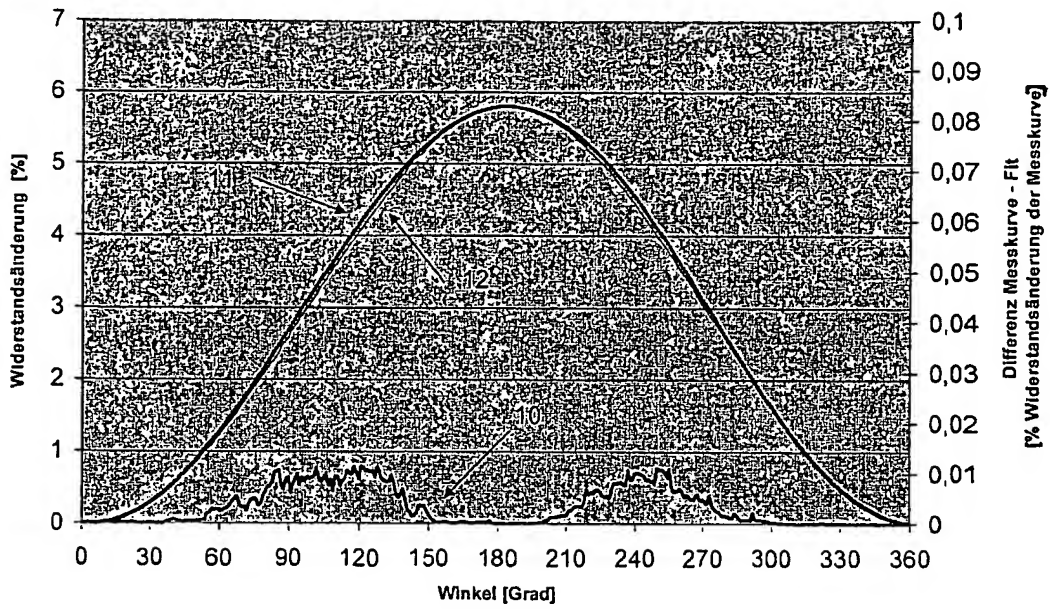


Fig. 3

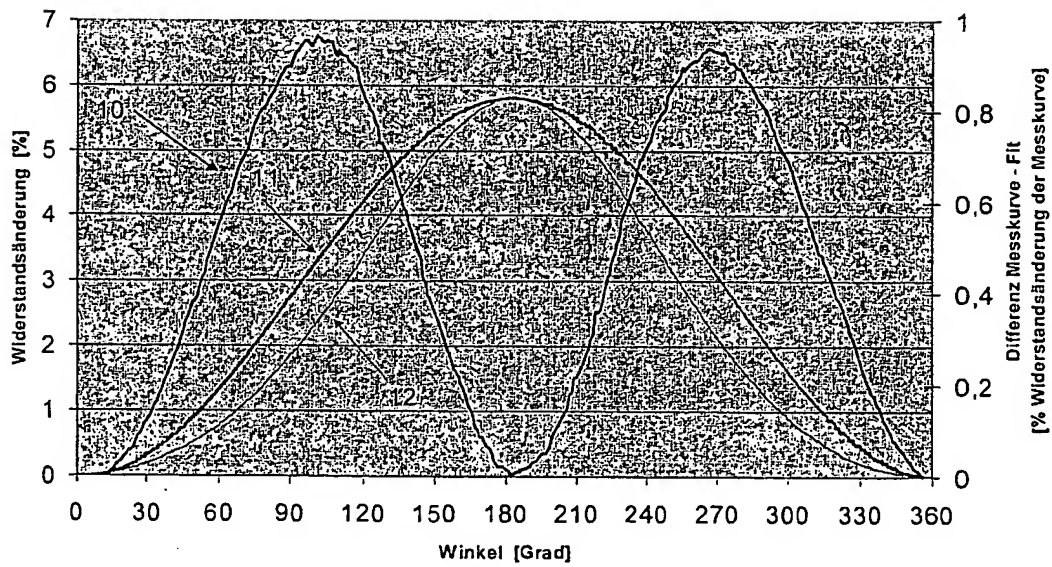


Fig. 4

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☒ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.